Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

INF 1007 – Programação II

Aula 03 – Alocação Dinâmica

Edirlei Soares de Lima
<elima@inf.puc-rio.br>

visionlab
visualization laboratory

Vetores - Declaração e Inicialização

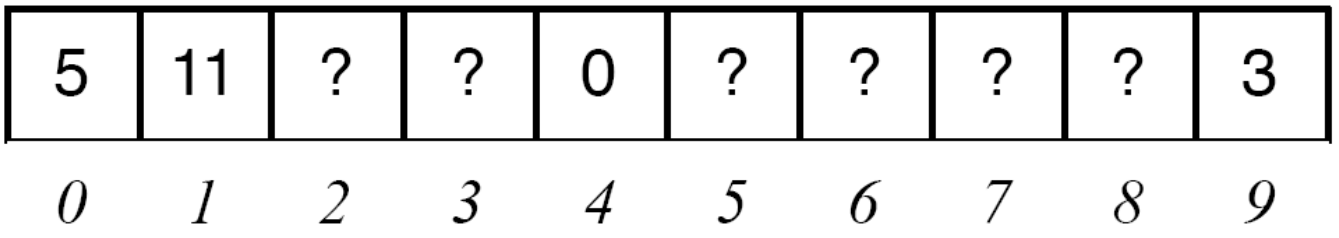
- **Declaração de um vetor:**

```
int meu_vetor[10];
```

  - Reserva um espaço de memória para armazenar 10 valores inteiros no vetor chamado meu_vetor.

- **Inicialização de algumas posições do vetor meu_vetor:**

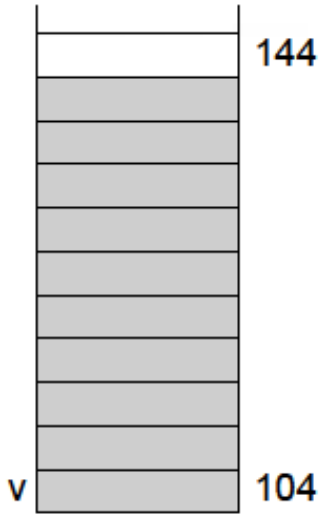
```
meu_vetor[0] = 5;
meu_vetor[1] = 11;
meu_vetor[4] = 0;
meu_vetor[9] = 3;
```

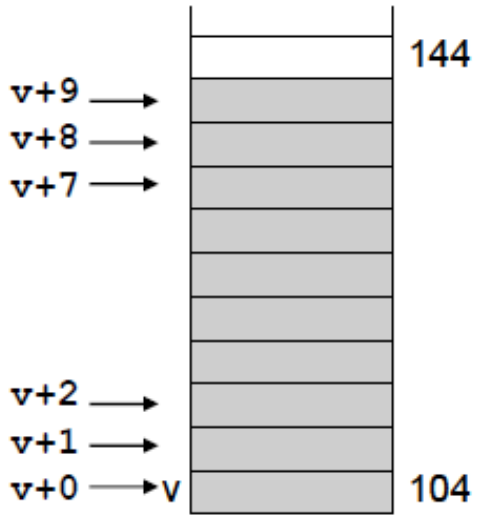


Vetores Alocados em Memória

- Vetor é alocado em posições contíguas de memória;
  - Exemplo: `int v[10];`
- O nome do vetor aponta para endereço inicial;

- C permite aritmética de ponteiros:
  - Exemplo:
    - v+0 : primeiro elemento de v ...
    - v+9 : último elemento de v
  - Exemplo:
    - &v[i] é equivalente a (v+i)
    - *(v+i) é equivalente a v[i]





Aritmética de Ponteiros

- Qual é o resultado da execução desse programa?

```
int main(void)
{
  int vet[6] = {1, 2, 3, 4, 5, 6};
  printf("Valor1: %d\n", vet);
  printf("Valor2: %d\n", *vet);
  printf("Valor3: %d\n", *(vet + 2));
  return 0;
}
```

Resultado:

Valor1: 3997056 -> endereço de memória de vet[0]

Valor2: 1

Valor3: 3

Vetores Passados para Funções

- A linguagem C permite passar vetores como parâmetros para funções:
  - consiste em passar o endereço da primeira posição do vetor por um parâmetro do tipo ponteiro;
  - “passar um vetor para uma função” é equivalente a “passar o endereço inicial do vetor”;
  - os elementos do vetor não são copiados para a função;
  - o argumento copiado é apenas o endereço do primeiro elemento.

Vetores e Funções - Exemplo

```
/* Cálculo da média e da variância de 10 números reais */
#include <stdio.h>

/* Função para cálculo da média */
float media(int n, float *v)
{
  int i;
  float s = 0.0;
  for (i=0; i<n; i++)
  {
    s += v[i];
  }
  return s/n;
}
```

Parâmetro do tipo ponteiro para float.

É equivalente a float v[].

[continua...]

```
/* Função para cálculo da variância */
float variancia (int n, float *v, float m)
{
  int i;
  float s = 0.0;
  for (i=0; i<n; i++)
    s += (v[i] - m) * (v[i] - m);
  return s/n;
}

int main (void)
{
  float v[10];
  float med, var;
  int i;
  for (i=0; i<10; i++)
    scanf("%f", &v[i]);
  med = media(10, v);
  var = variancia(10, v, med);
  printf("Media = %f Variancia = %f \n", med, var);
  return 0;
}
```

Endereço da primeira posição do vetor passada por parâmetro.

Vetores e Funções – Exemplo 2

```
/* Incrementa elementos de um vetor */
#include <stdio.h>

void incr_vetor(int n, int *v)
{
  int i;
  for (i=0; i<n; i++)
    v[i]++;
}

int main(void)
{
  int a[] = {1, 3, 5};
  incr_vetor(3,a);
  printf("%d %d %d \n", a[0], a[1], a[2]);
  return 0;
}
```

A função pode alterar os valores dos elementos do vetor, pois recebe o endereço do primeiro elemento do vetor (e não os elementos propriamente ditos)

Uso da Memória

- **Uso por variáveis globais (e estáticas):**
  - espaço reservado para uma variável global fica disponível enquanto o programa estiver sendo executado;
- **Uso por variáveis locais:**
  - espaço disponível apenas enquanto a função que declarou a variável está sendo executada;
  - liberado para outros usos quando a execução da função termina;
- **Variáveis globais ou locais podem ser simples ou vetores:**
  - para vetor, é necessário informar o número máximo de elementos pois o compilador precisa calcular o espaço a ser reservado;

Uso da Memória

- **Alocação dinâmica:**
  - espaço de memória é requisitado em tempo de execução;
  - espaço permanece reservado até que seja explicitamente liberado;
  - depois de liberado, o espaço ficará disponível para outros usos e não poderá mais ser acessado;
  - o espaço alocado e não liberado explicitamente será automaticamente liberado ao final da execução;

Uso da Memória

- **Memória estática:**
  - código do programa
  - variáveis globais
  - variáveis estáticas
- **Memória dinâmica:**
  - variáveis alocadas dinamicamente
  - memória livre
  - variáveis locais

Uso da Memória

- **Alocação dinâmica de memória:**
  - usa a memória livre;
  - se o espaço de memória livre for menor que o espaço requisitado a alocação não é feita . O programa deve tratar tal situação;

- **Pilha de execução:**
  - utilizada para alocar memória quando ocorrer a chamada de uma função:
    - sistema reserva o espaço para as variáveis locais da função;
    - quando a função termina o espaço é liberado (desempilhado);
  - se a pilha tentar crescer mais do que o espaço disponível o programa será abortado.

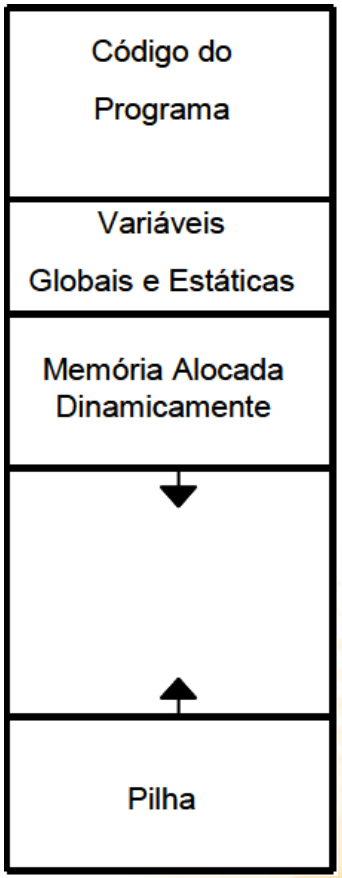
Alocação Dinâmica

- A biblioteca padrão <stdlib.h> possui um conjunto de funções para tratar a alocação dinâmica de memoria:

```
void * malloc(int num_bytes);
```

```
int sizeof(type);
```

```
void free(void *p);
```



Alocação Dinâmica

```
void * malloc(int num_bytes);
```

- Recebe como parâmetro o número de bytes que se deseja alocar;
- Retorna um ponteiro genérico para o endereço inicial da área de memória alocada, se houver espaço livre:
  - o ponteiro genérico é representado por `void*`
  - ele é pode ser convertido para o tipo apropriado
  - deve-se convertê-lo explicitamente
- Retorna um endereço nulo (NULL) se não houver espaço livre.

Alocação Dinâmica

```
int sizeof(type);
```

- Retorna o número de bytes necessários para representar valores de um determinado tipo.
- Exemplos:
  - char (1 byte)
  - int (4 bytes)
  - double (8 bytes)

```
void free(void *p);
```

- Recebe como parâmetro o ponteiro para a área de memória a ser liberada (alocada dinamicamente em um passo anterior)

Alocação Dinâmica - Exemplo

- Alocação dinâmica de um vetor de inteiros com 10 elementos:

```
int *v;
v = (int *) malloc(10 * sizeof(int));
```

  - O malloc retorna o endereço do início da área alocada para armazenar o vetor de inteiros;
  - O ponteiro é convertido para um ponteiro de inteiro;
  - O ponteiro de inteiro *v recebe o endereço inicial do espaço alocado.

Alocação Dinâmica - Exemplo

```
int *v;
v = (int *) malloc(10 * sizeof(int));
```

1 - Declaração:

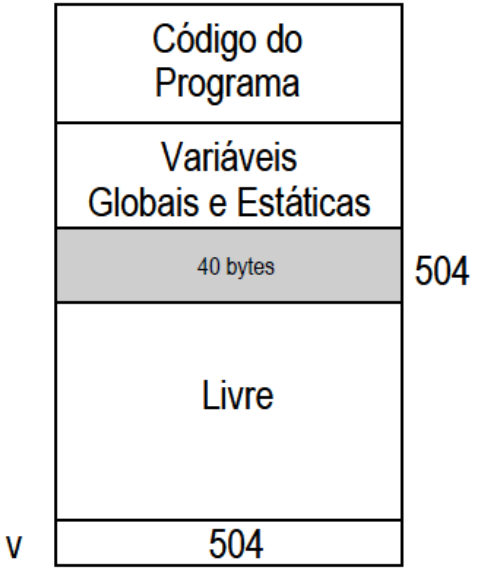
`int *v`

Abre-se espaço na pilha para o ponteiro (variável local)

2 - Comando:

`v = (int *)malloc(10 * sizeof(int))`

Reserva espaço de memória da área livre e atribui endereço à variável



Alocação Dinâmica - Exemplo

```
int *v;
v = (int *) malloc(10 * sizeof(int));
```

- `v` armazena endereço inicial de uma área contínua de memória suficiente para armazenar 10 valores inteiros;

- `v` pode ser tratado como um vetor declarado estaticamente
  - `v` aponta para o inicio da área alocada;
  - `v[0]` acessa o espaço para o primeiro elemento;
  - `v[1]` acessa o segundo;
  - .... até `v[9]`

Alocação Dinâmica - Exemplo

- Tratamento de **erro** após chamada de `malloc`
  - imprime mensagem de erro;
  - aborta o programa (com a função exit);

```
int *v;
v = (int*) malloc(10 * sizeof(int));

if (v == NULL)
{
  printf("Memoria insuficiente.\n");
  exit(1); /* aborta o programa - retorna 1 */
}
...
free(v);
```

Alocação Dinâmica - Exemplo

```
#include <stdlib.h>

int main (void)
{
  float *v;
  float med, var;
  int i, n;
  printf("Entre n e depois os valores\n");
  scanf("%d",&n);
  v = (float *) malloc(n * sizeof(float));
  if (v == NULL)
  {
    printf("Falta memoria\n");
    exit(1);
  }
```

[continua...]

Alocação Dinâmica - Exemplo

```
  for (i = 0; i < n; i++)
  {
    scanf("%f", &v[i]);
  }

  med = media(n, v);
  var = variancia(n, v, med);
  printf ("Media = %f Variancia = %f \n", med, var);

  free(v);
  return 0;
}
```

Alocação Dinâmica – Exemplo 2

- **Exemplo:** armazenar as notas dos alunos de uma turma em um vetor e em seguida calcular a média da turma.

- **Podemos dividir o programa em funções:**
  - Uma função para ler os valores e armazená-los em um vetor;
  - Uma função para calcular a média;

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void ler_dados(float *vet, int num)
{
  int i;
  for(i=0;i<num;i++)
  {
    printf("Entre com o valor %d: ", i+1);
    scanf("%f", &vet[i]);
  }
}

float calcula_media(float *vet, int num)
{
  float soma = 0.0;
  int i;
  for(i=0;i<num;i++)
    soma = soma + vet[i];
  return soma/num;
}
```

[continua...]

```
int main (void)
{
  float *notas;
  int alunos;
  printf("Digite o total de alunos da turma: ");
  scanf("%d", &alunos);

  notas = (float *) malloc(alunos * sizeof(float));

  ler_dados(notas, alunos);
  printf("Media: %.2f\n.", calcula_media(notas, alunos));

  free(notas);

  return 0;
}
```

Vetores Locais e Funções

- **Área de memória de uma variável local:**
  - só existe enquanto a função que declara a variável estiver sendo executada;
  - requer cuidado quando da utilização de vetores locais dentro de funções.

- **Exemplo:**
  - produto vetorial de dois vetores **u** e **v** em 3D, representados pelas três componentes *x*, *y*, e *z*:

$$\mathbf{u} \times \mathbf{v} = \left\{ u_y v_z - v_y u_z, \quad u_z v_x - v_z u_x, \quad u_x v_y - v_x u_y \right\}$$

Vetor Declarado Localmente

```
float* prod_vetorial(float* u, float* v)
{
  float p[3];
  p[0] = u[1]*v[2] - v[1]*u[2];
  p[1] = u[2]*v[0] - v[2]*u[0];
  p[2] = u[0]*v[1] - v[0]*u[1];
  return p;
}
```

- Variável `p` declarada localmente:
  - área de memória que a variável `p` ocupa deixa de ser válida quando a função `prod_vetorial` termina;
  - função que chama `prod_vetorial` não pode acessar a área apontada pelo valor retornado.

Vetor Alocado Dinamicamente

```
float* prod_vetorial(float* u, float* v)
{
  float *p = (float*) malloc(3 * sizeof(float));
  p[0] = u[1]*v[2] - v[1]*u[2];
  p[1] = u[2]*v[0] - v[2]*u[0];
  p[2] = u[0]*v[1] - v[0]*u[1];
  return p;
}
```

- A variável `p` recebe endereço inicial da área alocada dinamicamente:
  - área de memória para a qual a variável `p` aponta permanece válida mesmo após o término da função `prod_vetorial`;
  - a variável `p` será destruída após o término da função `prod_vetorial`;

Vetor Alocado Dinamicamente

```
float* prod_vetorial(float* u, float* v)
{
  float *p = (float*) malloc(3 * sizeof(float));
  p[0] = u[1]*v[2] - v[1]*u[2];
  p[1] = u[2]*v[0] - v[2]*u[0];
  p[2] = u[0]*v[1] - v[0]*u[1];
  return p;
}
```

- A variável `p` recebe endereço inicial da área alocada dinamicamente:
  - a função que chama `prod_vetorial` pode acessar a área apontada pelo valor retornado;
  - **problema**: alocação dinâmica para cada chamada da função:
    - ineficiente do ponto de vista computacional;
    - requer que a função que chama seja responsável pela liberação do espaço alocado.

Vetor Alocado Previamente

```
void prod_vetorial(float* u, float* v, float* p)
{
  p[0] = u[1]*v[2] - v[1]*u[2];
  p[1] = u[2]*v[0] - v[2]*u[0];
  p[2] = u[0]*v[1] - v[0]*u[1];
}
```

- Espaço de memória para o resultado passado pela função que chama:
  - função prod_vetorial recebe três vetores:
    - dois vetores com dados de entrada;
    - um vetor para armazenar o resultado;
  - **solução mais adequada**, pois não envolve alocação dinâmica

Exercício 1

a) Crie uma função para separar as notas baixas de uma turma em um novo vetor. Uma nota é considerada baixa se ela estiver abaixo de 5.0.
   - A função deve receber como parâmetro um vetor contendo as notas da turma, o número total de notas e um ponteiro de inteiro onde deverá ser especificado o número de notas baixas encontradas;
   - A função deve retorna um ponteiro para um vetor alocado dinamicamente contendo todas as notas baixas da turma;

```
float *notas_baixas(float *notas, int n, int *totalbaixas);
```

Exercício 1a - Solução

```
float *notas_baixas(float *vnotas, int n, int *totalbaixas)
{
  float *notasbaixas;
  int i, j;

  *totalbaixas = 0;
  for (i = 0; i < n; i++)
  {
    if (vnotas[i] < 5)
      (*totalbaixas)++;
  }

  if (*totalbaixas == 0)
    return NULL;
```

ponteiro que guardará o endereço do vetor das notas baixas

conta quantas notas abaixo de 5 existem

se não há notas abaixo de 5, retorna NULL sem criar um vetor

```
  notasbaixas = (float*) malloc(*totalbaixas * sizeof(float));

  if (notasbaixas == NULL)
    return NULL;

  j = 0;
  for (i = 0; i < n; i++)
  {
    if (vnotas[i] < 5)
    {
      notasbaixas[j] = vnotas[i];
      j++;
    }
  }

  return notasbaixas;
}
```

aloca memória para o novo vetor

verifica se foi possível alocar a memoria

preenche o novo vetor com as notas baixas

retorna o endereço do novo vetor

Exercício 1

b) Crie um programa que utilize a função `notas_baixas` para encontrar e listar as notas baixas de uma turma cujo número de alunos e as notas de cada aluno devem ser informados pelo usuário.

Exercício 1b - Solução

```
int main(void)
{
  float *vet_notas;
  float *vet_baixas;
  int i, n, total_baixas;

  printf("Digite o numero de notas: ");
  scanf("%d", &n);
  vet_notas = (float*) malloc(n * sizeof(float));

  if (vet_notas == NULL)
  {
    printf("Erro: Falta de memoria!\n");
    exit(1);
  }
```

ponteiros para guardar os endereços dos vetores de notas e notas baixas

aloca memória para o vetor de notas

verifica se foi possível alocar a memoria

```
  for (i = 0; i < n; i++)
  {
    printf("Digite a nota: ");
    scanf("%f", &vet_notas[i]);
  }
  vet_baixas = notas_baixas(vet_notas, n, &total_baixas);

  if (vet_baixas == NULL)
    printf("Não existem notas baixas!\n");
  else
  {
    printf("Notas baixas: ");
    for (i = 0; i < total_baixas; i++)
      printf("%f ", vet_baixas[i]);
  }
  if (vet_baixas != NULL)
    free(vet_baixas);
  free(vet_notas);
  return 0;
}
```

lê as notas e as armazena no vetor

obtêm o vetor de notas baixas

imprime as notas baixas encontradas

libera a memória alocada dinamicamente

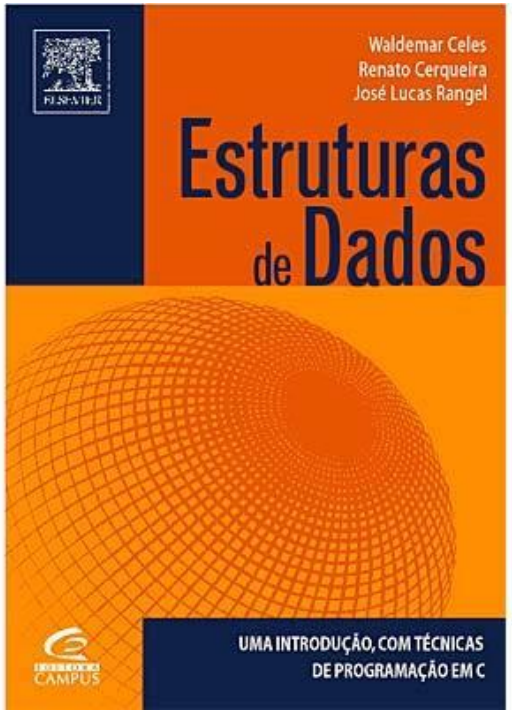
Resumo

- **Comandos e funções para gerência de memória:**
  - `sizeof` retorna o número de bytes ocupado por um tipo;
  - `malloc` recebe o número de bytes que se deseja alocar:
    - retorna um ponteiro para o endereço inicial, ou
    - retorna um endereço nulo (NULL)
  - `free` recebe o ponteiro da memória a ser liberada.

Leitura Complementar

- Waldemar Celes, Renato Cerqueira, José Lucas Rangel, **Introdução a Estruturas de Dados**, Editora Campus (2004).

- **Capítulo 5 – Vetores e Alocação Dinâmica**



Exercícios

Lista de Exercícios 02 – Vetores e Alocação Dinâmica

http://www.inf.puc-rio.br/~elima/prog2/